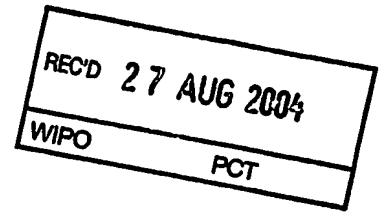


**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 34 240.0

Anmeldetag: 28. Juli 2003

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH,
70469 Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Herstellung eines mikromechanischen
Bauteils vorzugsweise für fluidische Anwendungen
und Mikropumpe mit einer Pumpmembran
aus einer Polysiliciumschicht

IPC: B 81 C, B 81 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 03. Juni 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wehner

02.07.2003

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

5

Verfahren zur Herstellung eines mikromechanischen Bauteils
vorzugsweise für fluidische Anwendungen und Mikropumpe mit
einer Pumpmembran aus einer Polysiliciumschicht

- 10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines
mikromechanischen Bauteils vorzugsweise für fluidische Anwen-
dungen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und eine
Mikropumpe mit einer Pumpkammer gemäß dem Oberbegriff des Pa-
tentanspruchs 12.

15

Mikropumpen werden für verschiedene technische Bereiche, ins-
besondere im medizinischen Bereich eingesetzt, um kleine
Flüssigkeitsmengen präzise zu befördern. Zur Herstellung von
Mikropumpen werden mikromechanische Herstellungsverfahren
eingesetzt, wobei beispielsweise Silicium verwendet wird, das
mit entsprechenden Abscheide- und Ätzverfahren einfach und
präzise strukturiert werden kann.

20

- Aus der Patentschrift US 6,390,791 ist eine gattungsgemäße
Mikropumpe bekannt, die auf einem SOI-Wafer hergestellt wird.
Die bekannte Mikropumpe besteht aus einem dreifach-Stack mit
zwei Glaswafern und einem dazwischen befindlichen SOI-Wafer.
Zur Herstellung einer Pumpmembran wird eine einkristalline
Siliciumschicht des SOI-Wafers verwendet, wobei zur Herstel-
lung z.B. ein Trockenätzverfahren (DRIE) zur Strukturierung
der Siliciumschicht und ein Opferoxid-Ätzverfahren zum Frei-
legen der Strukturen verwendet wird. Wesentliche Nachteile
des bekannten Verfahrens bestehen darin, dass bei dem Hochra-
ten-Ätzverfahren die Ätztiefe durch die Ätzzeit festgelegt
ist und daher nicht präzise zu kontrollieren ist. Wird die
Ätzzeit nicht präzise eingehalten, so resultiert daraus eine
Dickenvariation der Funktionsschicht, aus der die Pumpmembran

30

35

gebildet ist. Dies führt zu unterschiedlichen Pumpcharakteristiken der Mikropumpen. Zudem ist es bei dem bekannten Verfahren nachteilig, dass Opferoxid-Ätzschrirte notwendig sind, die eine unreproduzierbare Unterätzrtiefe bewirken, da kein
5 lateraler Ätzstop vorliegt.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein einfaches und flexibles Verfahren zur Herstellung eines Bauteils vorzugsweise für fluidische Anwendungen und eine einfach und kostengünstig mit diesem Verfahren herzustellende Mikropumpe bereit
10 zu stellen.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch das Verfahren gemäß Patentanspruch 1 und durch die Mikropumpe gemäß Patentanspruch
15 12 gelöst.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

20 Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass durch die Verwendung von zwei Funktionsschichten und durch die Verwendung von zwei Stopschichten, die zudem als Opferschichten dienen können, eine hohe Flexibilität bei der Herstellung von unterschiedlich strukturierten Funktionsschichten besteht.

Vorzugsweise wird die zweite Funktionsschicht entsprechend einer Ätzmaske bis zur zweiten Stopschicht abgetragen und anschließend wird die erste Funktionsschicht entsprechend der
30 Struktur der zweiten Stopschicht, die als zweite Ätzmaske dient, bis zur ersten Stopschicht abgetragen. Auf diese Weise ist eine einfache und präzise Strukturierung der ersten und der zweiten Funktionsschicht möglich.

35 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die Grundplatte von der Unterseite her bis zur ersten Stopschicht strukturiert und die erste Stopschicht als Opferschicht in

5 einem Ätzvorgang in vorgegebenen Bereichen entfernt, wobei sich die vorgegebenen Bereiche zwischen die erste Funktionsschicht und die Grundplatte erstrecken. Auf diese Weise ist eine Freilegung der ersten Funktionsschicht von der Unterseite her möglich.

10 In einer bevorzugten Ausführungsform wird eine seitliche Ätzung der ersten Stoppschicht durch die erste Funktionsschicht begrenzt, die angrenzend an die festgelegten Bereiche der ersten Stoppschicht direkt auf der Grundplatte aufgebracht ist. Damit werden die Bereiche, die durch die Abätzung der als Opferschicht verwendeten ersten Stoppschicht entstehen, präzise festgelegt.

15 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die erste Stoppschicht in festgelegten Bereichen über Öffnungen der ersten Funktionsschicht als Opferschicht abgeätzt. Auch auf diese Weise ist eine Freilegung der Unterseite der ersten Funktionsschicht möglich.

20 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die erste Stoppschicht vor dem Strukturieren der ersten Funktionsschicht über Öffnungen der Grundplatte abgeätzt. Anschließend wird die erste Funktionsschicht von der Oberseite, d. h. von der Seite der zweiten Stoppschicht her strukturiert. In bestimmten Anwendungsbereichen kann diese Vorgehensweise Vorteile gegenüber dem oben beschriebenen Verfahren bieten.

30 Zum Verschließen der strukturierten Bereiche wird vorzugsweise mit einem anodischen Bondverfahren eine Deckplatte auf der Oberseite oder eine Bodenplatte auf der Grundplatte aufgebracht und umlaufend dicht mit dem Bauteil verbunden. Damit bewegliche Teile der zweiten Funktionsschicht oder bewegliche Teile der Grundplatte beim anodischen Bondverfahren nicht gebondet werden, werden auf der Oberseite der beweglichen Teile
35 der zweiten Funktionsschicht, auf der Unterseite der beweglichen Teile der Grundplatte oder auf die entsprechenden Berei-

che der Deck- oder der Bodenplatte Antibondschichten aufgebracht.

5 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird als erste Stopschicht eine Schichtenfolge aus einer ersten unteren Siliciumoxidschicht, einer mittleren Polysiliciumschicht und aus einer oberen zweiten Siliciumoxidschicht verwendet. Die Verwendung dieser Schichtenfolge bietet den Vorteil, dass nach dem Öffnen der einhüllenden Siliciumoxidschicht an einer
10 Stelle ein schnelles Ätzen großer Bereiche der Polysiliciumschicht, z.B. mit Xenondifluorid oder Chlortrifluorid, insbesondere im Vergleich zu Gasphasen-Fluorwasserstoffätzverfahren möglich ist. Somit wird die Prozessdauer zum Ätzen der ersten Stopschicht deutlich reduziert.
15

Mit dem beschriebenen Verfahren lassen sich z.B. Bauteile für fluidische Anwendungen vorzugsweise eine Mikropumpe herstellen.
20

Die Mikropumpe gemäß Patentanspruch 12 weist den Vorteil auf, dass die Pumpmembran aus einer Polysiliciumschicht gebildet ist. Damit ist eine einfache und präzise Strukturierung der Pumpmembran möglich.

Vorzugsweise wird die Polysiliciumschicht in verschiedenen Bereichen je nach Funktion der Polysiliciumschicht in dem entsprechenden Bereich unterschiedlich dick ausgebildet. Damit kann die mechanische Stabilität der Polysiliciumschicht
30 gemäß der gewünschten Funktionsweise festgelegt werden.

Durch die Verwendung der Polysiliciumschicht können Stopschichten bei der Herstellung der Pumpmembran auf der Polysiliciumschicht aufgebracht werden, die für die Herstellung einer präzisen Dicke der Polysiliciumschicht nahezu unabhängig
35 von der Ätzzeit verwendet werden können.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Polysiliciumschicht auch zur Ausbildung des Schließgliedes des Einlassventils verwendet. Auch zur Ausbildung des Schließgliedes des Einlassventils ist es vorteilhaft, die Dicke der Polysiliciumschicht präzise einstellen zu können. Mit Hilfe der Dicke der Polysiliciumschicht wird die Federkonstante und damit die Schließ- und Öffnungszeit des Einlassventils variiert, innerhalb der das Einlassventil bei dem Verdichtungs Vorgang geschlossen oder geöffnet wird. Eine kurze Schließ- und Öffnungszeit führen zu einem hohen Wirkungsgrad der Mikropumpe. Zudem wird durch eine ausreichende Dicke gewährleistet, dass das Einlassventil sicher verschlossen wird und robust gegen Beschädigungen ist.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird auch das Schließglied des Auslassventils durch die Polysiliciumschicht dargestellt. Auch das Schließglied des Auslassventils muss für die gewünschte Funktion des Auslassventils durch eine Polysiliciumschicht mit einer definierten Dicke hergestellt sein.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Polysiliciumschicht in vorgegebenen Bereichen, insbesondere in Bereichen des Einlassventils, des Auslassventils und / oder der Pumpkammer eine geringere Dicke als in anderen Bereichen auf. Dadurch wird entsprechend den verschiedenen Aufgaben der Polysiliciumschicht eine unterschiedliche Flexibilität der Polysiliciumschichten in verschiedenen Bereichen eingestellt. Somit wird eine optimierte Polysiliciumschicht bereitgestellt.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren nach Anspruch 1 ist es möglich, Polysiliciumschichten als Funktionsschichten für eine Mikropumpe mit definierten Dicken herzustellen. Dazu wird jeweils eine Stopschicht verwendet, die unter der Polysiliciumschicht aufgebracht ist. Auf der ersten Polysiliciumschicht

ist eine zweite Stoppschicht und eine zweite Polysiliciumschicht aufgebracht.

5 In einem weiteren bevorzugten Verfahren wird die erste Stoppschicht vor Aufbringen der ersten Funktionsschicht im Bereich des Einlassventils, des Auslassventils und im Bereich der Pumpkammer entfernt. Damit wird die Geometrie der Polysiliciumschicht definiert eingestellt. Somit wird beispielsweise eine gezielte und reproduzierbare Einstellung der Federsteifigkeit der Polysiliciumschicht in den Bereichen des Einlassventils, des Auslassventils und im Bereich der Pumpkammer ermöglicht.

15 Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen Querschnitt durch eine Mikropumpe;

Figuren 2A-H wesentliche Verfahrensschritte zur Herstellung der Mikropumpe und

20 Figuren 3A-D wesentliche Prozessschritte eines weiteren Verfahrens zur Herstellung einer Mikropumpe.

Figur 1 zeigt einen schematischen Querschnitt durch eine Mikropumpe 1, die im wesentlichen aus einer Grundplatte 2, einer Funktionsschicht 3, einer Deckplatte 4 und einer Bodenplatte 5 aufgebaut ist. Zwischen der Funktionsschicht 3, die als Polysiliciumschicht ausgebildet ist, und der Grundplatte 2 ist eine erste Stoppschicht 17 in Randbereichen angeordnet. Die Grundplatte 2 ist beispielsweise aus einer strukturierten Siliciumschicht hergestellt, auf der die Funktionsschicht 3 auf der strukturierten Stoppschicht 17 aufgebracht ist. Auf der Funktionsschicht 3 ist eine zweite Funktionsschicht 19 aufgebracht (Figur 2G), auf der die Deckplatte 4 aufgebracht ist. Die Grundplatte 2 ist auf der Unterseite von der Bodenplatte 5 bedeckt. Die Mikropumpe 1 weist ein Einlassventil 6 auf, über das ein Fluid von einem Zulaufkanal 7, der in der Grundplatte 2 und in der Bodenplatte 5 eingebracht ist, in eine Pumpkammer 8 strömen kann. Die Pumpkammer 8 ist zwischen

einer Pumpmembran 9 und der Deckplatte 4 ausgebildet. Weiterhin ist ein Auslassventil 10 vorgesehen, das mit der Pumpkammer 8 in Verbindung steht. Das Auslassventil 10 verbindet die Pumpkammer 8 mit einem Ablaufkanal 11, der in die Grundplatte 2 und in die Bodenplatte 5 eingebracht ist. Das Einlassventil 6 weist ein erstes Schließglied 12 auf, das in Form eines flexiblen Steges ausgebildet ist und als Teil der Funktionsschicht 3 ausgebildet ist. Das erste Schließglied 12 ist oberhalb einer Zulauföffnung des Zulaufkanals 7 angeordnet, über die der Zulaufkanal 7 in die Pumpkammer 8 mündet. Die Fläche des ersten Schließglieds 12 ist so bemessen, dass die Zulauföffnung des Zulaufkanals 7 durch das erste Schließglied 12 vollständig überdeckt ist. Als Dichtsitz für das erste Schließglied 12 dient eine z.B. kreisförmige Randfläche der Grundplatte 2, die die Zulauföffnung des Zulaufkanals 7 umgibt.

Das Auslassventil 10 weist ein zweites Schließglied 13 auf, das ebenfalls als Teil der Funktionsschicht 3 ausgebildet ist und eine Hülseform mit einer Ablauföffnung 24 darstellt. Die Höhe der Hülse entspricht der Höhe der Funktionsschicht 3 im Randbereich, so dass die Oberseite der Hülse an einer an der Unterseite der Deckplatte 4 angeordneten Ringdichtfläche anliegt. Die Ablauföffnung 24 geht in eine Ablaufkammer 14 über, die in der Grundplatte 2 eingebracht ist und einen Teil des Ablaufkanals 11 darstellt. Die Ablaufkammer 14 kann einen größeren Querschnitt aufweisen, als der Teil des Ablaufkanals 11, der in der Bodenplatte 5 eingebracht ist.

Unterhalb der Pumpkammer 8 ist in der Grundplatte 2 ein Ak-torraum 15 ausgebildet, in dem ein Kolben 16 angeordnet ist. Der Kolben 16 ist über die erste Stopschicht 17 mit der Pumpmembran 9 verbunden. Unterhalb des Kolbens 16 weist die Bodenplatte 5 eine Öffnung 25 auf, über die ein Stellglied zur Anlage an den Kolben 16 bringbar ist.

Die Mikropumpe funktioniert folgendermaßen: Im Ausgangszu-
stand ist das Einlassventil 6 geöffnet und das Auslassventil
10 geschlossen. Somit kann Fluid in die Pumpkammer eindrin-
gen. Zum Pumpen eines Fluids vom Zulaufkanal 7 zum Ablaufka-
5 nal 11 wird der Kolben 16 nach oben und nach unten bewegt.
Dabei wird die Pumpmembran 9 ebenfalls nach oben und nach un-
ten bewegt. Durch die Bewegung der Pumpmembran 9 wird das Vo-
lumen der Pumpkammer 8 periodisch verkleinert und vergrößert.
Bei einer Verkleinerung der Pumpkammer wird Überdruck in der
10 Pumpkammer 8 erzeugt, so dass das Auslassventil 10 öffnet und
Fluid von der Pumpkammer 8 in die Ablaufkammer 14 ablässt,
sowie das Einlassventil 6 schließt und ein Nachströmen von
Fluid verhindert. Somit wird eine definierte Fluidmenge pro
Pumpstoß befördert. Wird nun anschließend der Kolben 16 zu-
15 rückgezogen, so wird das Volumen der Pumpkammer 8 erhöht und
ein entsprechender Unterdruck in der Pumpkammer 8 erzeugt.
Durch den Unterdruck öffnet das Einlassventil 6 und Fluid
wird über den Zulaufkanal 7 in die Pumpkammer 8 gesaugt.
Gleichzeitig schließt das Auslassventil wieder. Bei Unter-
20 druck liegt das zweite Schließglied 13 des Auslassventils 10
dichtend an der Unterseite der Deckplatte 4 an, so dass kein
Fluid über das Auslassventil 10 in die Pumpkammer fließen
kann. Somit wird ein Zurücklaufen von Fluid aus dem Ablauf-
raum 14 in die Pumpkammer 8 vermieden.

Anhand der Figuren 2A-H wird ein erstes Herstellungsverfahren
anhand von wesentlichen Prozessschritten erläutert. In Figur
2A ist eine Grundplatte 2 in Form eines Siliciumwafers darge-
stellt. Auf der Oberseite der Grundplatte 2 ist die erste
30 Stopschicht 17 aufgebracht und strukturiert worden. Die erste
Stopschicht 17 dient auch als Opferschicht. Die erste Stop-
schicht 17 ist in einzelne unabhängige Flächenbereiche einge-
teilt. Dadurch wird bei einem späteren Entfernen eines Flä-
chenbereichs der Stopschicht 17 automatisch ein seitlicher
35 Ätzstop durch die Funktionsschicht 3 erreicht, die die Flä-
chenbereiche der ersten Stopschicht 17 seitlich und nach oben
begrenzt. Die erste Stopschicht 17 wird beispielsweise aus

Siliciumoxid hergestellt. Auf die erste Stopschicht 17 und auf Anlageflächen 35 der Grundplatte 2 ist die Funktionsschicht 3 aufgebracht, die vorzugsweise aus Polysilicium besteht, das vorzugsweise bei einem epitaktischen Abscheideverfahren als epitaktische Polysiliciumschicht mit einer EPI-Startschicht 30 hergestellt wurde. Durch die Dicke der abgedruckten Polysiliciumschicht und durch das anschließende Polierverfahren wird die Dicke der Funktionsschicht 3 präzise festgelegt.

10

Anschließend wird auf die Funktionsschicht 3 eine zweite Stopschicht 18 aufgebracht und mit einer zweiten Struktur strukturiert. Die zweite Stopschicht 18 ist vorzugsweise ebenfalls aus Siliciumoxid hergestellt. Auf die zweite Funktionsschicht 18 und auf Anlageflächen 36 der Funktionsschicht 3 wird eine zweite Funktionsschicht 19 aufgebracht. Die zweite Schicht 19 ist vorzugsweise aus Polysilicium hergestellt und in einem epitaktischen Abscheideverfahren als epitaktische Polysiliciumschicht mit einer zweiten EPI-Startschicht 31 aufgebracht worden. Anstelle von Polysilicium können auch andere mikromechanisch bearbeitbare Materialien verwendet werden, die mit der ersten Funktionsschicht 3 zusammen wachsen.

15

20

Auf die Oberfläche der zweiten Funktionsschicht 19 wird eine Ätzmaske 20 aufgebracht, die vorzugsweise aus Photolack besteht. Dieser Verfahrensstand ist in Figur 2B dargestellt.

30

35

Daraufhin wird die zweite Funktionsschicht 19 gemäß der Ätzmaske 20 mit einem anisotropen Ätzverfahren bis zur zweiten Stopschicht 18 abgeätzt. Zudem wird die zweite Funktionsschicht 19 in den Bereichen, in denen keine zweite Stopschicht 18 ausgebildet ist, bis zur Funktionsschicht 3 und die Funktionsschicht 3 bis zur ersten Stopschicht 17 abgeätzt. Dieser Verfahrensstand ist in Figur 2C dargestellt. Auf diese Weise kann ein Bauteil mit Hohlräumen 38 für fluidische Anwendungen hergestellt werden. Zur Abdeckung der Hohlräume

38 kann die Ätzmaske 20 entfernt und die Funktionsschicht oder die Grundplatte beispielsweise mit einer Glasplatte abgedeckt werden.

5 Nach dem Entfernen der Ätzmaske 20 wird die erste Stoppschicht 17 in einer Weiterbildung des Verfahrens über Öffnungen der ersten Funktionsschicht 3 in festgelegten Bereichen unterätzt. Somit können Hohlräume 32 zwischen der Grundplatte 2 und der ersten Funktionsschicht 3 hergestellt werden. Zudem
10 kann auf diese Weise die erste Funktionsschicht 3 in festgelegten Bereichen von der Grundplatte 2 gelöst und als bewegliche Teile beispielsweise als Ventilmembran ausgebildet werden. Dieser Verfahrensstand ist in Figur 2D dargestellt. Figur 2E zeigt das nach dem beschriebenen Verfahren strukturierte Bauelement, das mit einer Deckplatte 4 nach einem anodischen Bondverfahren von der Oberseite her abgedichtet wurde.
15

Vorzugsweise kann ausgehend von dem Verfahrensstand der Figur 2C auch zuerst die Grundplatte 2 von der Unterseite her strukturiert werden, wobei zweite Öffnungen 33 in die Grundplatte 2 eingebracht werden, die an die erste Stoppschicht 17 angrenzen. Anschließend wird die erste Stoppschicht 17 in festgelegten Bereichen abgeätzt. Daraufhin wird die erste Funktionsschicht 3 von oben strukturiert und die Grundplatte 2 in den Bereichen, in denen die erste Stoppschicht 17 abgetragen wurde, als Ätzstoppschicht verwendet. Das Ergebnis entspricht Figur 2F, wobei von oben über Strukturöffnungen 37 der Funktionsschicht 3 evtl. in die Grundplatte 2 eingeätzt wurde.
20
30

Zur Ausbildung einer Mikropumpe wird die Grundplatte 2 über ein anisotropes Ätzverfahren mit einer entsprechenden Ätzmaske von der Unterseite in der Weise strukturiert, dass ein Zulaufkanal 7, ein ringförmiger Aktorraum 15 und die Ablaufkammer 14 in die Grundplatte 2 eingebracht wird. Der Zulaufkanal 7, der Aktorraum 15 und die Ablaufkammer 14 grenzen an ge-
35

trennte Flächenbereiche der Stopschicht 17. Dieser Verfahrensstand ist in Figur 2G dargestellt.

5 In dem oben beschriebenen Verfahrensschritt werden von der Unterseite her über den Zulaufkanal 7, den Aktorraum 15 und die Ablaufkammer 14 die damit zugänglichen Flächenbereiche der ersten Stopschicht 17 über einen selektiven Ätzvorgang entfernt. Durch die seitliche Begrenzung der Flächenbereiche wird auch die seitliche Unterätzung begrenzt, da die Funktions-
10 onsschicht 3 als Stopschicht funktioniert.

Die Strukturierung der Grundplatte 2, der ersten Funktionsschicht 3 und der aus Silicium aufgebauten zweiten Funktionsschicht 19 ist mit einem Siliciumätzprozess möglich, bei dem
15 die aus Siliciumoxid bestehenden Stopschichten 17, 18 als Ätzstop verwendet werden. Anschließend werden die erste und zweite Stopschicht 17, 18 in den gewünschten Bereichen mit selektiven Ätzverfahren entfernt. Dabei wird die zweite Stopschicht 18 auf den offengelegten Bereichen, sowie an den
20 Randbereichen entfernt. Die erste Stopschicht 17 wird in den Flächenbereichen angrenzend an den Zulaufkanal 7, den Aktorraum 15 und angrenzend an die Ablaufkammer 14 entfernt. Bei diesem Verfahrensschritt werden zudem etwaige prozessbedingte Reste von Silicium von der Pumpmembran entfernt. Zwischen dem Kolben 16 und der Pumpmembran 9 bleibt die erste Stopschicht aufgrund der lateralen Ätzstops erhalten. Somit ist es nicht erforderlich, den Ätzprozess nach einer Ätzzeit zu steuern. Dieser Verfahrensstand ist in Figur 2H dargestellt.

30 Aus Figur 2H ist zu erkennen, dass die Funktionsschicht 3 in bestimmten Bereichen, wie beispielsweise im Bereich des ersten und des zweiten Schließglieds 12, 13 und im Bereich über dem Aktorraum 15 eine geringere Dicke als in anderen Bereichen aufweist. Zudem ist durch das beschriebene Verfahren das
35 zweite Schließglied 13 in Form einer Hülse ausgebildet. An den äußeren Randbereichen ist zwischen der Grundplatte 2 und der Funktionsschicht 3 die Stopschicht 17 und zwischen der

Funktionsschicht 3 und der zweiten Schicht 19 die zweite Stopschicht 18 angeordnet. Die abgeätzten Flächenbereiche der ersten Stopschicht 17 erstrecken sich seitlich über die Öffnungen 7, 15, 14 der Grundplatte 2 hinaus in Unterätzräume 26. Die Unterätzräume 26 sind von der Polysiliciumschicht 3 seitlich und nach oben begrenzt. Damit ist die seitliche Unterätzung durch die Flächen der ersten Stopschicht 17 präzise festgelegt.

- 10 Ausgehend von dem Verfahrensstand von Figur 2H wird anschließend die Bodenplatte 5 und die Deckplatte 4 mit der Grundplatte 2 bzw. mit der zweiten Funktionsschicht 19 dichtend verbunden. Dabei wird vorzugsweise als Material für die Bodenplatte 5 und die Deckplatte 4 Glas verwendet, das über ein
- 15 anodisches Bondverfahren mit der Grundplatte 2 bzw. mit der zweiten Schicht 19 verbunden wird. Auf die Deckplatte 4 und die Bodenplatte 5 wird vor dem Bondverfahren im vorgegebenen Bereich eine Antibondschicht 34 abgeschieden, die eine Verbindung zwischen der zweiten Funktionsschicht 19 und der
- 20 Deckplatte 4 bzw. zwischen der Grundplatte 2 und der Bodenplatte 5 verhindert. Die Bereiche werden über dem zweiten Schließglied 13 und unter dem Kolben 16 angeordnet. Damit werden das zweite Schließglied 13 und der Kolben 16 nicht anodisch gebondet und sind somit zum Öffnen und Schließen des Auslassventils bzw. zum Pumpen beweglich.

- In Figuren 3A-D ist ein weiteres Verfahren zur Herstellung eines Bauteils für fluidische Anwendungen, insbesondere für eine Mikropumpe, in wesentlichen Verfahrensschritten dargestellt, bei dem als Stopschicht 17 eine Schichtenfolge bestehend aus einer unteren Siliciumoxidschicht 21, einer mittleren Polysiliciumschicht 22 und einer oberen Siliciumoxidschicht 23 aufgebaut ist, die die mittlere Polysiliciumschicht 22 vollständig bedeckt. Die Schichtstruktur der Figur
- 30 3A weist die gleiche Form wie die erste Stopschicht 17 der Figur 2A auf. Die untere Siliciumoxidschicht 21, die mittlere Polysiliciumschicht 22 und die obere Siliciumoxidschicht 23
- 35

werden mit entsprechenden Abscheideverfahren und Strukturierungsverfahren auf der Grundplatte 2 aufgebracht. Anschließend wird die Funktionsschicht 3, die vorzugsweise aus epitaktisch aufgebrachtem Polysilicium besteht, auf die Schichtstruktur und die freien Flächen der Grundplatte 2 aufgebracht. Anschließend werden die zweite Stopschicht 18 und die zweite Schicht 19 und die Ätzmaske 20 gemäß dem vorherigen Verfahren aufgebracht und in entsprechenden Ätzvorgängen sowohl die Grundplatte 2 von der Unterseite her als auch die zweite Schicht 19 und die Funktionsschicht 3 strukturiert. Daraufhin werden die durch den Zulaufkanal 7, den ringförmigen Aktorraum 15 und die Ablaufkammer 14 freigelegten Flächen der unteren Siliciumschicht 21, sowie die senkrechten Wände der Grundplatte 2 und die freien Flächen der Funktionsschichten mit Siliciumoxid bedeckt und die freigelegten Flächen der unteren Siliciumoxidschicht 21 mit einem anisotropen Ätzverfahren geöffnet.

Anschließend wird die mittlere Polysiliciumschicht 22 mit einem isotropen Ätzverfahren in den freigelegten Bereichen, d.h. oberhalb des Zulaufkanals 7, oberhalb des Aktorraums 15 und oberhalb des Ablaufraums 14 entfernt. Dieser Verfahrensstand ist in Figur 3B dargestellt.

In einem weiteren Verfahrensschritt werden die oberen Siliciumoxidschichten 23 in den Bereichen des Einlassventils 6, des Auslassventils 10 und über dem Aktorraum 15 über ein Fluorwasserstoff-Gas-Phasen-Ätzverfahren entfernt. Alternativ kann auch ein nasschemisches Verfahren in Kombination mit einem speziellen Trocknungsverfahren (z.B. superkritisches Trocknen in CO₂) verwendet werden.

Dieser Verfahrensstand ist in Figur 3C dargestellt. Anschließend wird auf die zweite Schicht 19, die Deckplatte 4 und auf die Unterseite der Grundplatte 2 die Bodenplatte 5 aufgebracht. Dabei werden, wie bereits oben beschrieben, die Deckplatte 4 und die Bodenplatte 5, die aus Glas bestehen, über

ein anodisches Bondverfahren dichtend mit der Grundplatte 2 bzw. mit Außenbereichen der zweiten Schicht 19 verbunden.

5 Damit beim anodischen Bondverfahren die Deckplatte 4 und die Bodenplatte 5 nicht mit beweglichen Teilen der ersten und/oder zweiten Funktionsschicht 3, 19 oder der Grundplatte 2 verkleben, wird zwischen die Deckplatte 4 und beweglichen
10 Teilen der ersten und zweiten Funktionsschicht 3, 19 eine Antibondschicht 34 aufgebracht. Die Antibondschicht 34 hat im Bereich des Auslassventils 10 zudem den Vorteil, dass das Auslassventil 10 gegen die Deckplatte 4 vorgespannt ist.

15 Ebenso wird zwischen dem Kolben 16, der Grundplatte 2 und der Bodenplatte 5 eine Antibondschicht 34 eingebracht. Damit wird sichergestellt, dass der Kolben 16 zur Betätigung der Pumpmembran beweglich bleibt. Die Antibondschicht 34 ist beispielsweise als Nitridschicht ausgebildet. Dieser Verfahrensstand ist in Figur 3D dargestellt. Je nach Ausführungsform
20 kann die Antibondschicht 34 auch auf der Deckplatte 2 oder auf der Bodenplatte 5 aufgebracht werden.

Die mittlere Polysiliciumschicht 22 wird vorzugsweise durch ein Xenon-Difluorid (XeF_2) oder ein Chlor-Trifluorid (ClF_3)-Ätzverfahren entfernt. Das in den Figuren 3A-D schematisch
30 dargestellte weitere Verfahren bietet den Vorteil, dass große Unterätzweiten in Polysilicium mit den beschriebenen Ätzverfahren schnell realisiert werden können. Weiterhin besteht nicht die Gefahr, dass das erste Schließglied 12 des Einlassventils mit der Funktionsschicht 3 verklebt. Durch die Abtragung der oberen Siliciumschicht 23 mit Hilfe von gasförmigem Fluorwasserstoff wird ebenfalls ein Verkleben vermieden und zudem eine seitliche Unterätzung zwischen der Grundplatte 2 und der Funktionsschicht 3 vermieden.

Bezugszeichenliste

- 1 Mikropumpe
- 2 Grundplatte
- 3 Funktionsschicht
- 4 Deckplatte
- 5 Bodenplatte
- 6 Einlassventil
- 7 Zulaufkanal
- 8 Pumpkammer
- 9 Pumpmembran
- 10 Auslassventil
- 11 Ablaufkanal
- 12 erstes Schließglied
- 13 zweites Schließglied
- 14 Ablaufkammer
- 15 Aktorraum
- 16 Kolben
- 17 erste Stopschicht
- 18 zweite Stopschicht
- 19 zweite Funktionsschicht
- 20 Ätzmaske
- 21 Untere Siliciumschicht
- 22 Mittlere Polysiliciumschicht
- 23 Obere Siliciumschicht
- 24 Ablauföffnung
- 25 Öffnung
- 26 Unterätzraum
- 30 Startschicht
- 31 zweite Startschicht
- 32 Hohlraum
- 33 zweite Öffnung
- 34 Antibondschicht
- 35 Anlagefläche
- 36 zweite Anlagefläche
- 37 Strukturöffnung
- 38 Hohlraum

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines mikromechanischen Bauteils vorzugsweise für fluidische Anwendungen mit Hohlräumen, wobei das Bauteil aus zwei Funktionsschichten aufgebaut wird, wobei die zwei Funktionsschichten mit mikromechanischen Verfahren unterschiedlich strukturiert werden, dadurch gekennzeichnet, dass auf einer Grundplatte (2) eine erste Stopschicht (17) mit einer ersten Struktur aufgebracht wird, dass auf die erste Stopschicht (17) und auf erste Anlageflächen (35) der Grundplatte (2) eine erste Funktionsschicht (3) aufgebracht wird, dass auf die erste Funktionsschicht (3) eine zweite Stopschicht (18) mit einer zweiten Struktur aufgebracht wird, dass auf die zweite Stopschicht (18) und auf zweite Anlageflächen (36) der ersten Funktionsschicht (3) eine zweite Funktionsschicht (19) aufgebracht wird, dass auf die zweite Funktionsschicht (19) eine Ätzmaske (20) aufgebracht wird, dass die zweite und die erste Funktionsschicht (19,3) durch Verwendung der ersten und der zweiten Stopschicht (17,18) durch Ätzverfahren und/oder durch Verwendung der ersten und zweiten Stopschicht (17, 18) als Opferschichten strukturiert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Funktionsschicht (19) entsprechend der Ätzmaske (20) bis zur zweiten Stopschicht (18) abgetragen wird, dass die erste Funktionsschicht (3) entsprechend der Struktur der zweiten Stopschicht (18), die als zweite Ätzmaske dient, bis zur ersten Stopschicht (17) abgetragen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundplatte (2) von der Unterseite her strukturiert wird, und dass die erste Stopschicht (17) als Opferschicht in einem Ätzvorgang in vorgegebenen Bereichen entfernt wird, dass die vorgegebenen Bereiche sich zwischen die erste Funktionsschicht (3) und die Grundplatte (2) erstrecken.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine seitliche Begrenzung der Unterätzung der ersten Stopschicht (17) durch die erste Funktionsschicht (3) erreicht wird, die angrenzend an die festgelegten Bereiche, in den ersten Anlageflächen (35) auf der Grundplatte (2) angeordnet ist.

5. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Stopschicht (17) über Öffnungen der ersten Funktionsschicht (3) als Opferschicht in festgelegten Bereichen entfernt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Stopschicht (17) vor dem Strukturieren der ersten Funktionsschicht (3) über Öffnungen (33) der Grundplatte (2) abgeätzt wird, und dass erst anschließend die erste Funktionsschicht (3) von der Seite der zweiten Stopschicht (18) strukturiert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass auf bewegliche Teile der zweiten Funktionsschicht (19) oder auf die entsprechenden Bereiche einer Deckplatte (4) eine Antibondschicht (34) aufgebracht wird, und dass die Deckplatte (4) mit einem anodischen Bondverfahren mit der Oberseite der zweiten Funktionsschicht (19) dicht verbunden wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Unterseite von beweglichen Teilen der Grundplatte (2), die einer Bodenplatte (5) zugewandt sind, oder auf die entsprechenden Bereiche der Bodenplatte (5) eine Antibondschicht (34) aufgebracht wird, und dass die Bodenplatte (5) mit einem anodischen Bondverfahren mit der Grundplatte (2) dicht verbunden wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass als erste Stoppschicht (17) eine Schichtenfolge aus einer unteren ersten Siliciumoxidschicht (21), einer mittleren Polysiliciumschicht (22) und aus einer oberen zweiten Siliciumoxidschicht (23) aufgebracht wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mikropumpe (1) hergestellt wird, dass nach dem Strukturierungsprozess der ersten und der zweiten Funktionsschicht (3,19) die erste Stoppschicht (17) im Bereich des Einlassventils (6), des Auslassventils (10) und im Bereich der Pumpkammer (8) entfernt wird, so dass bewegliche Teile aus der ersten Funktionsschicht (3) herausgebildet werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundplatte (2) von der Unterseite her für die Ausbildung eines Zulaufkanals (7) für das Einlassventil (6), für die Ausbildung eines Ablaufkanals (11) für ein Auslassventil (10) und für die Ausbildung einer Pumpkammer (8) strukturiert wird.
12. Mikropumpe mit einer Pumpkammer (8), die von einer Deckplatte (4) und einer Pumpmembran (9) begrenzt ist, wobei die Pumpmembran (9) auf einer Grundplatte (2) gehalten ist, wobei durch eine Bewegung der Pumpmembran (9) ein Fluid über einen Einlass (6) ansaugbar und über einen Auslass (10) ausgebbar ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Pumpmembran (9) aus einer Polysiliciumschicht (3) gebildet ist.
13. Mikropumpe nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass als Einlass ein Einlassventil (6) vorgesehen ist, dass das Einlassventil (6) einen Zulaufkanal (7) aufweist, der in der Grundplatte (2) ausgebildet ist, dass das Einlassventil (6) als Rückschlagventil mit einem ersten Schließglied (12)

ausgebildet ist, dass das erste Schließglied (12) als Teil der Polysiliciumschicht (3) ausgebildet ist, dass das erste Schließglied (12) über einer Zulauföffnung des Zulaufkanals (7) angeordnet ist und die Zulauföffnung überdeckt, und dass
5 als Dichtsitz für das erste Schließglied (14) eine Fläche der Grundplatte (2) vorgesehen ist, die die Zulauföffnung umgibt.

14. Mikropumpe nach einem der Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Polysiliciumschicht (3) in vorgegebenen Bereichen, insbesondere in Bereichen des Einlassventils (6), des Auslassventils (10) und/oder der Pumpmembran (9),
10 eine geringere Dicke aufweist, und dass die Polysiliciumschicht (3) in den vorgegebenen Bereichen einen Abstand zu der Grundplatte (2) aufweist.

15
15. Mikropumpe nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen einem zweiten Schließglied (13) eines Auslassventils (13) des Auslasses (10) und einer Deckplatte (2) eine Antibondschicht (34) eingebracht ist, dass
20 die Deckplatte (2) anodisch gebondet ist, und dass das zweite Schließglied (13) durch die Antibondschicht (34) gegen die Deckplatte (2) als Dichtfläche vorgespannt ist.

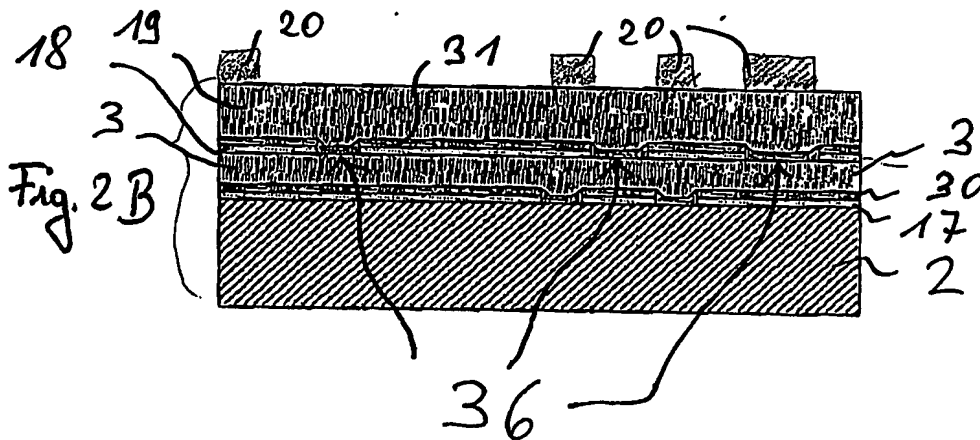
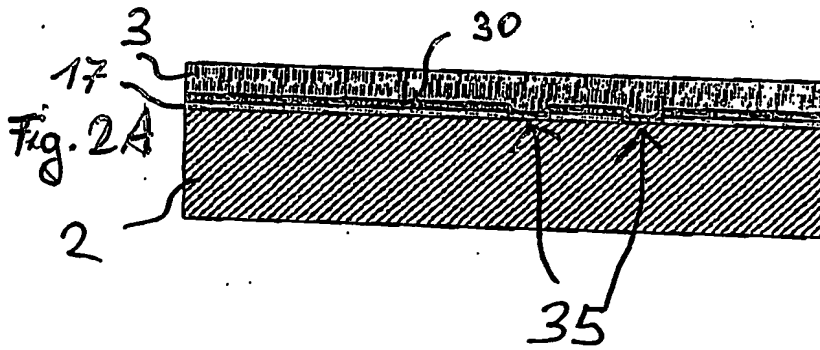
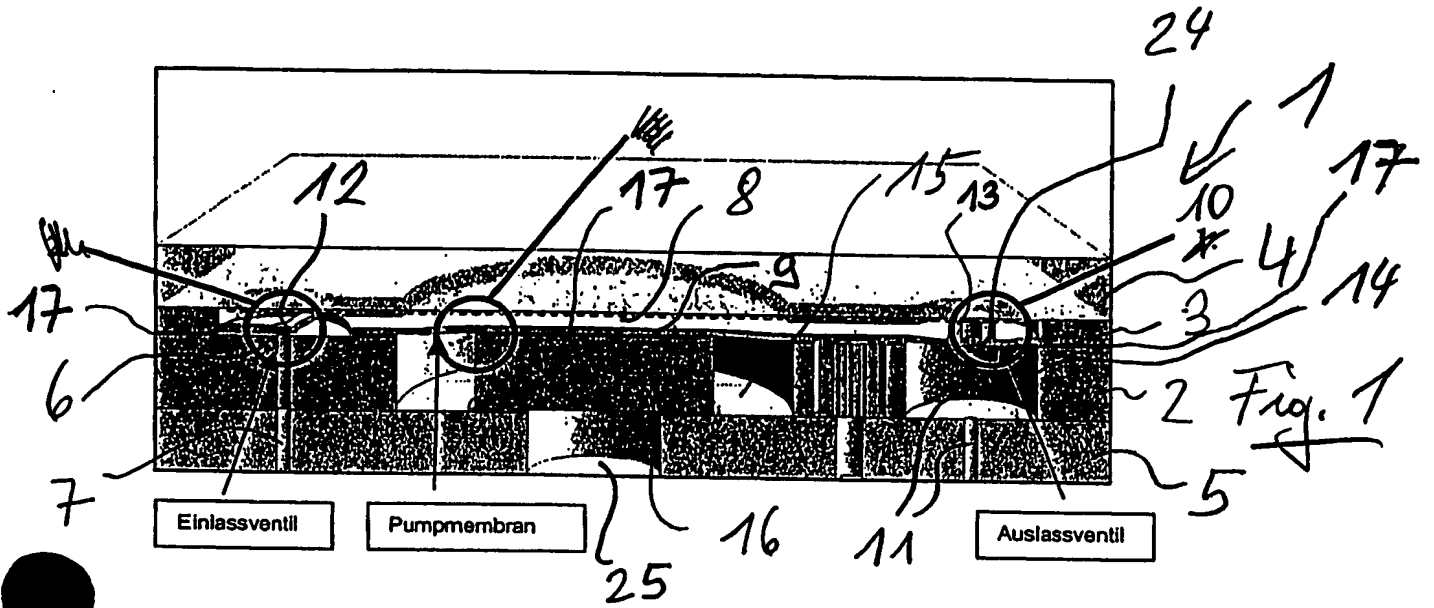
Zusammenfassung

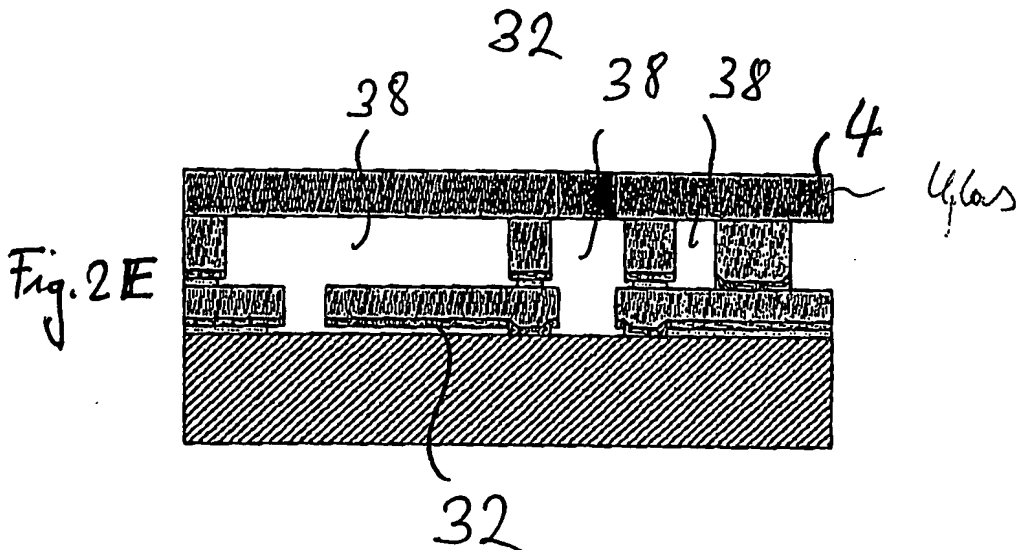
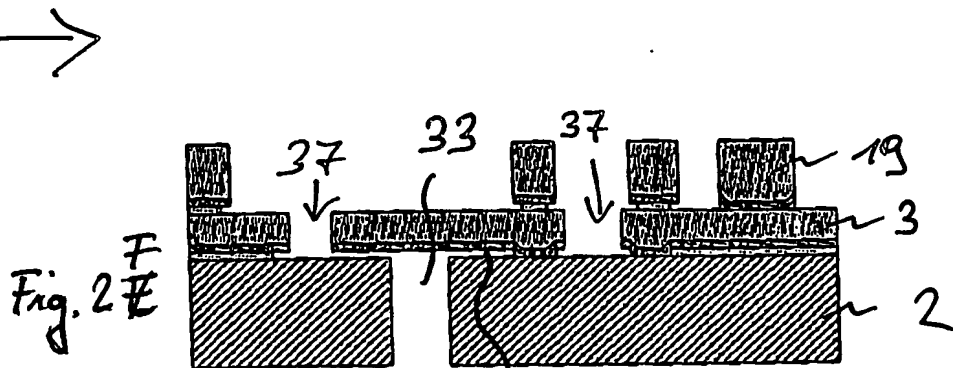
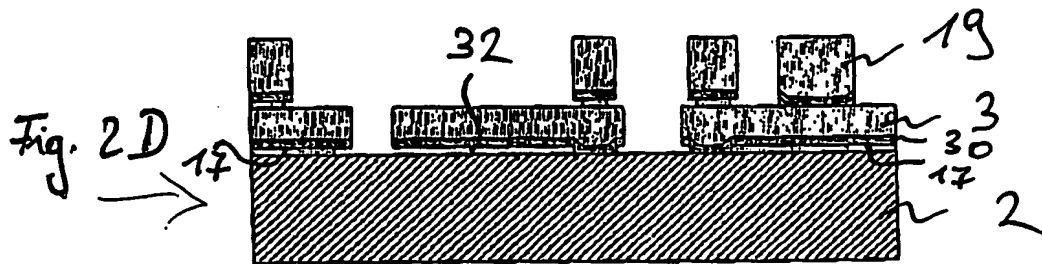
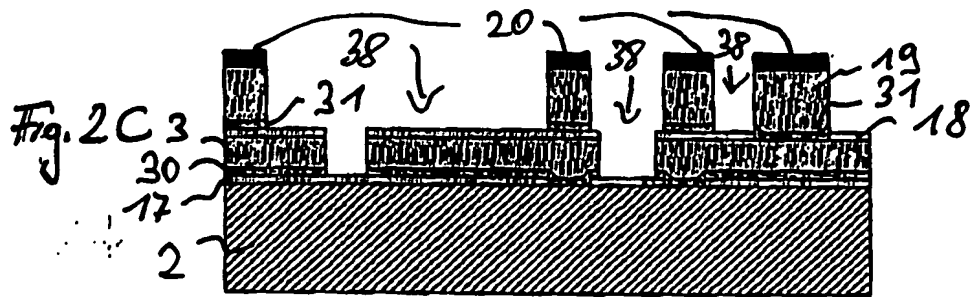
Verfahren zur Herstellung eines mikromechanischen Bauteils
 vorzugsweise für fluidische Anwendungen und Mikropumpe mit
 5 einer Pumpmembran aus einer Polysiliciumschicht

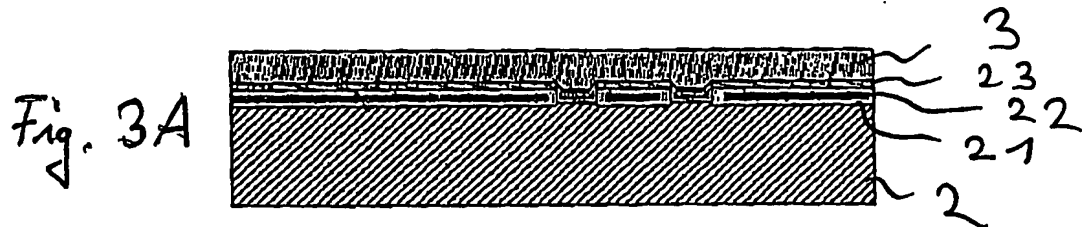
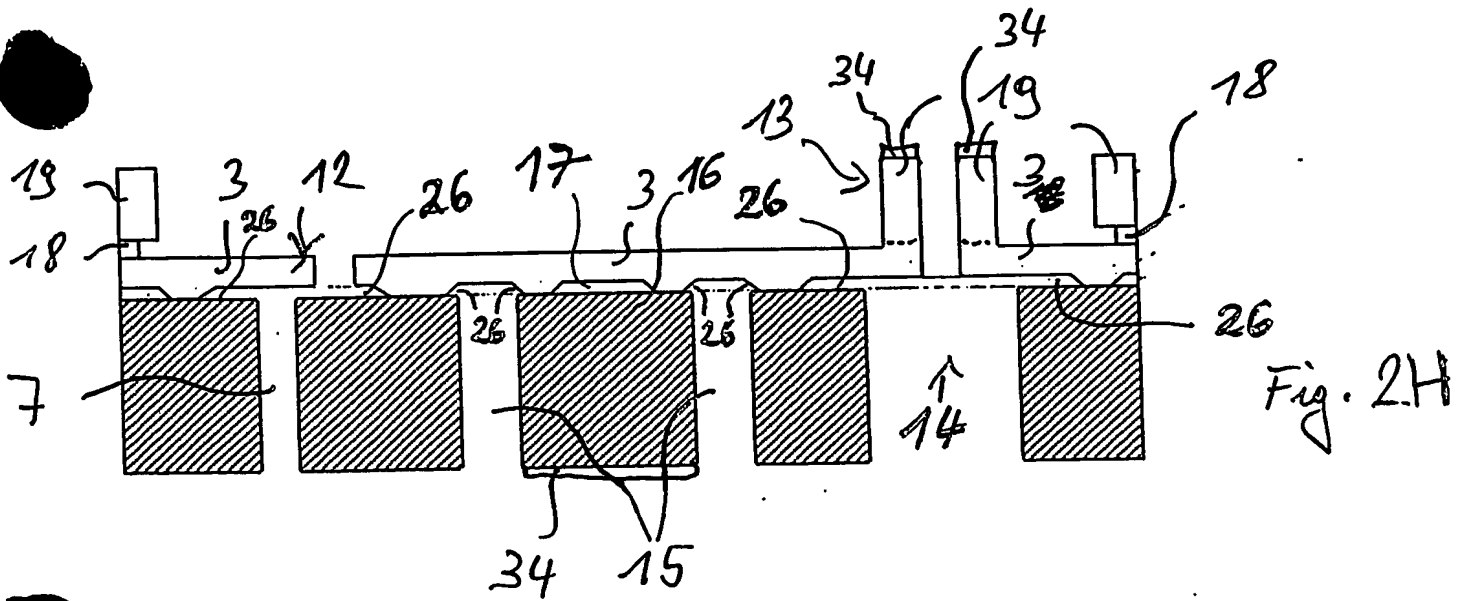
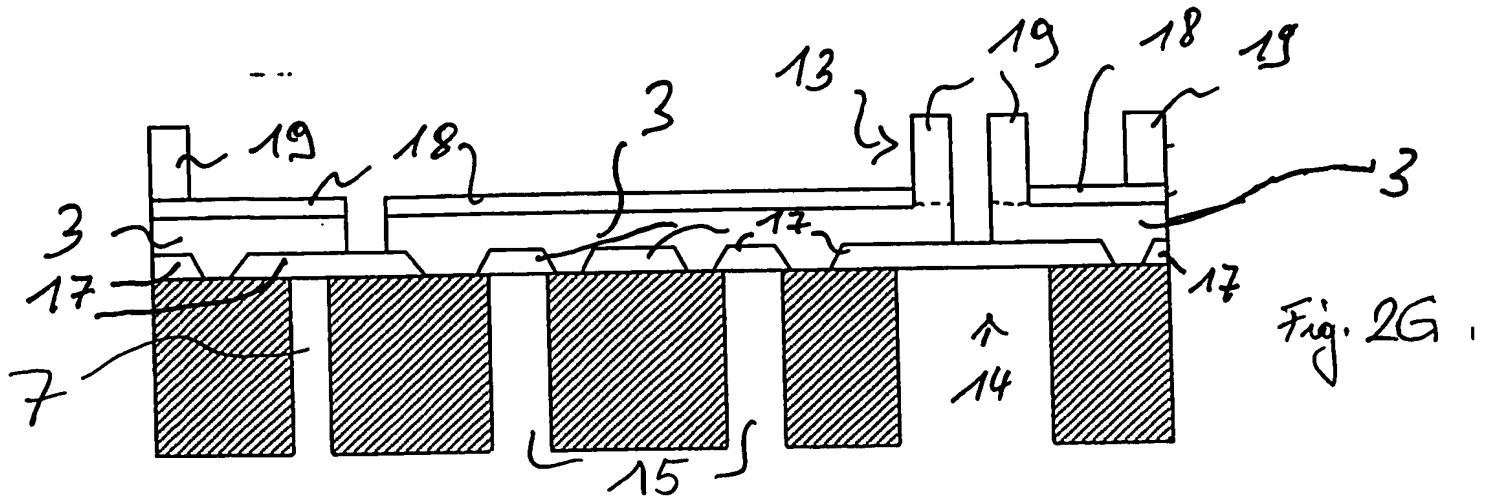
Es wird ein Verfahren zum Herstellen eines mikromechanischen
 Bauteils vorzugsweise für fluidische Anwendungen mit Hohlräu-
 men beschrieben. Das Bauteil ist aus zwei Funktionsschichten
 10 aufgebaut, wobei die zwei Funktionsschichten mit mikromecha-
 nischen Verfahren unterschiedlich strukturiert werden. Auf
 einer Grundplatte wird eine erste Stopschicht mit einer ers-
 ten Struktur aufgebracht. Auf die erste Stopschicht und auf
 erste Anlageflächen der Grundplatte wird eine erste Funkti-
 15 onsschicht aufgebracht. Auf die erste Funktionsschicht wird
 eine zweite Stopschicht mit einer zweiten Struktur aufge-
 bracht. Auf die zweite Stopschicht und auf zweite Anlageflä-
 chen der ersten Funktionsschicht wird eine zweite Funktions-
 schicht aufgebracht. Auf die zweite Funktionsschicht wird ei-
 20 ne Ätzmaske aufgebracht. Die zweite und die erste Funktions-
 schicht werden durch die Verwendung der ersten und der zwei-
 ten Stopschicht durch Ätzverfahren und/oder durch die Verwen-
 dung der ersten und zweiten Stopschicht als Opferschichten
 strukturiert. Durch ergänzendes Strukturieren der Grundplatte
 können mit dem Verfahren zusätzliche bewegliche Fluidikele-
 mente realisiert werden.

Das Verfahren wird vorzugsweise verwendet, um eine Mikropumpe
 mit einer epitaktischen Polysiliciumschicht als Pumpmembran
 30 herzustellen.

Figur 1







**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.